

## 時系列特徴抽出に基づく高信頼・高効率誤り訂正手法に関する研究

著者	菅谷 直登
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	86
号	1
ページ	114-115
発行年	2017-08
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/00121388">http://hdl.handle.net/10097/00121388</a>

修士学位論文要約（平成29年3月）

# 時系列特徴抽出に基づく高信頼・高効率誤り訂正手法に関する研究

菅谷 直登

指導教員：羽生 貴弘， 研究指導教員：夏井 雅典

## Highly Reliable and Highly Efficient Error Correction Scheme Based on Time-Series Feature Extraction

Naoto SUGAYA

Supervisor: Takahiro HANYU, Research Advisor: Masanori NATSUI

With the continuous downscaling of CMOS technologies, reliability is more and more becoming a major bottleneck in the LSI design. Novel device technologies using post Si materials such as Ge or III-V materials and novel logic-circuit techniques using them are being introduced for continuing Moore's Law-based performance improvement. In contrast, it is also pointed out that the use of the above novel technologies would cause several drawbacks such as unexpected device behavior and additional failure mechanism. Since the market is continuously demanding performance improvement while maintaining sufficient reliability, designers are forced to build a reliable system by combining the device whose reliability is not known, which becomes a more and more difficult task. This research describes an error correction method combining Recurrent Neural Network (RNN) with BCH coding techniques, where BCH code is a well-known method as an encoding technique. It is shown that the correction quality of the proposed method can be improved in comparison with that of a corresponding BCH-only-based method, while maintaining the number of transmission bits.

### 1. はじめに

LSI 製造プロセスの極限的微細化にともない、動作時の信頼性を如何に確保するかが集積回路における主要なボトルネックになりつつある。信頼性に関する検討がまだ十分とはいえないまま、これら新技術の市場への導入が着々と進められている一方、市場においては常に高い信頼性が求められる。その結果、信頼性が未知の素子を組み合わせ高信頼なシステムを構築するという難題を課すこととなり、集積回路の信頼性確保は今後ますます困難になっていくと予想される。本研究では、リカレントニューラルネットワークと従来の符号化技術である BCH 符号のハイブリッド構成による誤り訂正手法について行った。リカレントニューラルネットワークに基づく誤り訂正によって誤り訂正の高性能化を実現したことに加え、符号化技術による誤り検出・訂正を組み合わせたアルゴリズムを用いることで、伝送ビット数を維持しながら訂正能力の向上が可能であることを示した。

### 2. 高信頼・高効率チップ内データ伝送に関する基礎的考察

プロセッサの命令シーケンスから周期性を見出すことが可能であることから、プロセッサにおいて実行される命令シーケンスの時系列的な相

関を参照することで、メモリープロセッサ間のデータ伝送および命令フェッチの過程で生じる誤りの訂正機能を実現できる。

このことから、本研究ではメモリからロジック回路に読み込まれる命令シーケンスには時間的な相関が存在するという性質に着目し、前に発生したデータを元に時系列特徴を抽出することで、冗長ビットを伴うことなく高信頼化を実現する

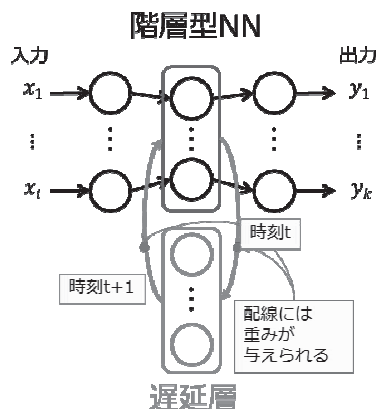


図1 リカレントニューラルネットワーク

誤り訂正を行う手法を提案する. そのような処理を可能にするアルゴリズムとして, リカレントニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network: RNN) と呼ばれる機械学習アルゴリズム<sup>12)</sup>が知られている.

### 3. リカレントニューラルネットワーク

リカレントニューラルネットワーク (RNN) は, 従来の階層型 NN に遅延層 (Delay Layer) を追加することで, 入力データの時系列特徴を抽出する機能を有する. 最も一般的に用いられる RNN であるエルマンネットワークの構造を図 1 に示す. 隠れ層の出力が遅延層の入力となり, 遅延層の出力は1ステップ遅れて隠れ層の入力の一部として用いられる. この構造により, RNN はある時刻の入力のみならず, それ以前の時刻の入力との関係を考慮した出力を得ることが可能となる. この性質を活用し, RNN は, 音声信号の解析や, 文脈推定等の分野<sup>34)</sup>において多く用いられている.

### 4. RNNとBCHのハイブリッド構成に基づく誤り訂正

本論文では誤り訂正性能の向上のため, 従来の誤り訂正手法の一つである BCH 符号と RNN のハイブリッド構成の検討を行った. 図 2 に今回構成したハイブリッド構成の構造を示す. 図 2(a) が直列, 図 2(b) が並列である. 等差数列を 100 列まで計算するプログラムによって訓練した RNN をこれらの構成に使い, 入力に重畳した誤りの割合と誤り訂正率 (RNN の出力が元データと異なっていた割合) との関係を評価した. その結果を図 3 に示す. ハイブリッド構成の適用によって誤り訂正性能の全体的な向上に加え, 0%保証の範囲が大きくなっているため, より確実な訂正が可能である. 更に, 並列構成の場合は入力誤り率が 0.057 以降, 直列構成の場合は入力誤り率が 0.052 以降, の誤り訂正率は 2 倍の伝送ビット数を要する

BCH(63,16)を上回ることが確認できた. このこと

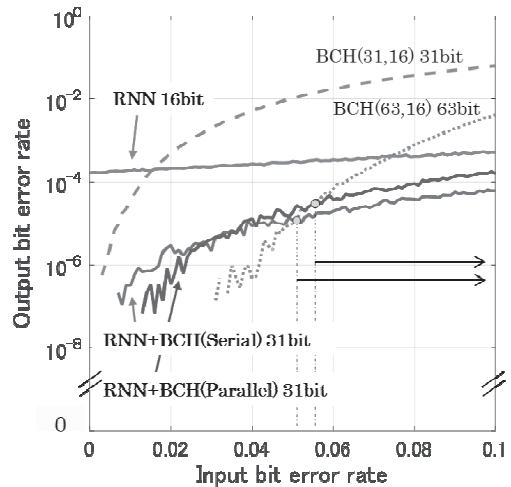


図3 ハイブリッド構成における出力誤り率.

から RNN と BCH のハイブリッド構成によってメモリープロセッサ間誤り訂正の高信頼・高効率が可能である.

### 5. まとめ

本研究では, メモリープロセッサ間誤り訂正の高信頼化・高効率化を目的として, 時系列特徴抽出に基づく誤り訂正手法を提案した. RNN と従来の誤り訂正手法である BCH のハイブリッド構成によって, 伝送ビット数を維持しつつメモリープロセッサ間の誤り率の削減を達成した. 提案手法により, 入力誤り率が大きくなる場合には, 2 倍の伝送ビット数を必要とする従来誤り訂正手法よりも優れた誤り訂正性能を得られることを示した.

### 文献

- 1) I. Sutskever, J. Martens, and G. E. Hinton, "Generating text with recurrent neural networks," Proceedings of the 28th International Conference on Machine Learning (ICML-11), 2011, pp. 1017-1024.
- 2) J. Wang, "Recurrent neural networks for optimization," in Fuzzy Logic and Neural Network Handbook, C. H. Chen, Ed. New York: McGrawHill, pp. 4.1-4.35, 1996.
- 3) A. Graves, A. Mohamed, and G. Hinton, "Speech Recognition with Deep Recurrent Neural Networks," ICSSP2013, pp.6645-6649, 2013.
- 4) G. Mesnil, X. He, L. Deng, and Y. Bengio, "Investigation of Recurrent-Neural-Network Architectures and Learning Methods for Spoken Language Understanding," Interspeech, pp. 3771-3775, 2013.

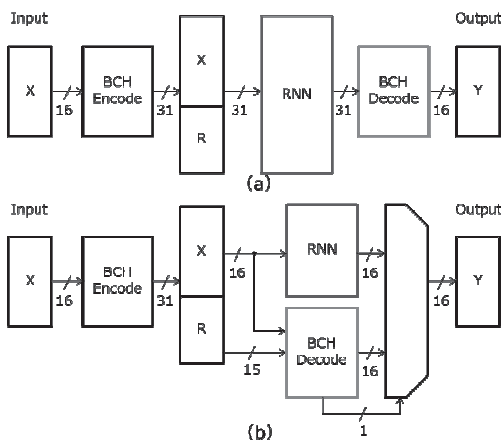


図2 ハイブリッド構成.  
(a)直列構成 (b)並列構成